

Offre de stage : Production d'oxygène lunaire par pyrolyse solaire

Encadrants : Jack ROBINOT, Sylvain RODAT, Stéphane ABANADES

Localisation : PROMES-CNRS, 7 rue du Four Solaire, Font-Romeu-Odeillo-Via, 66120

Durée : 6 mois – A partir de Février 2026 (ajustable)

Salaire : Gratification CNRS (~600€/mois)

Mots clés : ISRU (In-Situ Resource Utilization), Pyrolyse solaire, Régolithe, Production d'oxygène lunaire, Exploration spatiale

Présentation du sujet :

Au travers du programme Artemis, l'Humanité devrait retourner sur la Lune en 2027, la NASA a cette fois-ci pour objectif d'y rester et d'y établir une base lunaire. Afin de réduire les coûts financiers et logistiques, il est pertinent de valoriser les ressources à la surface de la Lune. En raison de son abondance et de sa facilité d'accès, le régolithe constitue une ressource de choix à exploiter. Il contient en effet environ 40 % d'oxygène, ce qui en fait l'élément le plus abondant à la surface de la Lune. Cet oxygène représente une priorité pour l'établissement d'une base lunaire, tant pour le support de vie que pour son utilisation comme ergol. Cependant, dans le régolithe, l'oxygène est lié sous forme d'oxydes métalliques particulièrement stables. Il est donc nécessaire de développer des procédés permettant son extraction et sa séparation des métaux [1]. Le stage s'inscrit donc dans ce contexte global, et a pour objectif d'étudier une de ces méthodes de production d'oxygène : la pyrolyse solaire du régolithe lunaire. Ce procédé consiste à chauffer le régolithe, sous vide, à très haute température grâce à la concentration solaire, afin de réduire les oxydes métalliques et d'en extraire l'oxygène. Des études préliminaires ont été réalisées par le CNES et l'ESA, un doctorant poursuit actuellement le projet au sein du laboratoire PROMES. Une campagne d'essais est en cours au sein du laboratoire ; celle-ci a permis de démontrer et de quantifier la production d'oxygène par pyrolyse solaire.



Figure 1 : Photo du réacteur de pyrolyse solaire et de la parabole

Objectifs :

Ce stage s'inscrit dans la continuité d'un premier travail au cours duquel un modèle initial du procédé a été développé. L'objectif sera donc de poursuivre les travaux initiés et ainsi d'adapter un procédé, jusqu'ici testé uniquement sur Terre à l'environnement lunaire. Il comprendra à la fois des activités de modélisation et des expérimentations pratiques :

- Perfectionnement du modèle Python du procédé précédemment réalisé, en y intégrant un maillage 2D, le dimensionnement des équipements périphériques et une étude paramétrique
- Développement d'une architecture de mission afin d'étudier l'implémentation du procédé à la surface de la Lune.
- Participation aux expériences consistant en l'exposition de simulant de régolithe lunaire à l'énergie solaire concentrée sous vide secondaire.
- Conception d'un modèle 3D numérique du procédé afin d'en représenter l'architecture et le fonctionnement.

L'orientation du projet pourra être partiellement adaptée au profil du stagiaire, afin de valoriser ses compétences et ses domaines d'intérêt.

Contexte de travail :

Le poste sera basé au laboratoire PROMES Odeillo (four solaire 1 MW du CNRS) situé dans les Pyrénées-Orientales, à 1 600 m d'altitude. Le stagiaire rejoindra l'équipe "Carburants Solaires" et sera encadré par un doctorant et deux chercheurs du CNRS. Le laboratoire est facilement accessible en train de nuit depuis Paris. Un logement peut être loué au laboratoire pendant le premier mois afin de faciliter l'arrivée sur place. Le projet est réalisé en collaboration avec le CNES et l'ESA. La continuation du stage par une thèse pourra être envisagée.

Profil recherché :

- Niveau master ou équivalent cycle ingénieur
- Maîtrise du Python, des transferts thermiques, connaissance de base en chimie
- Intérêt marqué pour le domaine du spatial
- Attirait pour les travaux de modélisation et d'expérimentation

Contact :

Jack ROBINOT, Doctorant, PROMES-CNRS

Vous pouvez envoyer votre CV à l'adresse suivante : jack.robinot@cnrs.fr

[1] J. Robinot, S. Rodat, S. Abanades, A. Paillet, A. Cowley, Review of in-situ oxygen extraction from lunar regolith with focus on solar thermal and laser vacuum pyrolysis, Acta Astronautica 234 (2025) 242–259.
<https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2025.05.008>.